幼虫信息素中三种酯类对中华蜜蜂和意大利蜜蜂工蜂哺育和封盖行为以及蜂王发育影响

曾云峰，曾志将*，颜伟玉，吴小波

（江西农业大学蜜蜂研究所，南昌 330045 ）

摘要：为研究蜜蜂幼虫信息素中 3 种酯类成分(甲基棕榈酸酯、乙基棕榈酸酯和乙基油酸酯)对中华蜜蜂 *Apis cerana cerana* 和意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica* 工蜂哺育行为、封盖行为以及蜂王发育影响，在人造蜂蜡王台中加入 1% 和 0.1% (w/w)的 3 种酯类作为实验组，以不添加酯类(0%)的为对照组，移入 1 日龄工蜂幼虫，测定王台接受率、单个王台中幼虫和王浆重量；另将分别添加 1% 和 0.1% (w/w)3 种酯类的石蜡假幼虫放入工蜂巢房中，同样设对照组，测定假幼虫的封盖率；在新鲜王浆中以 1% 和 0.1% (w/w)分别加入 3 种酯类作为实验组，以不添加酯类(0%)的作为对照组，再分别在 1 日龄、2 日龄和 3 日龄幼虫王台中加入 0.01 mL 含有酯类的蜂王浆，并测定蜂王初生重和卵巢管数量。结果表明：0.1% 甲基棕榈酸酯可以显著提高中蜂和意蜂幼虫重量；意蜂的甲基棕榈酸酯和乙基油酸酯两个实验组(1.0% , 0.1%)假幼虫封盖率都极显著高于对照组；乙基油酸酯两个实验组(1.0% , 0.1%)都显著降低了中蜂和意蜂蜂王初生重和卵巢管数量。这说明不同蜜蜂幼虫信息素具有不同的生物学效应。

关键词：中华蜜蜂；意大利蜜蜂；幼虫信息素；哺育行为；封盖行为；蜂王发育

中图分类号：Q966　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2010)02-0154-06

Effects of three aliphatic esters of brood pheromone on worker feeding and capping behavior and queen development of *Apis cerana cerana* and *A. mellifera ligustica*

ZENG Yun-Feng, ZENG Zhi-Jiang*, YAN Wei-Yu, WU Xiao-Bo (Honeybee Research Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: To study the effects of brood pheromone esters (methyl palmitate, ethyl palmitate and ethyl oleate) on feeding and capping behavior of workers and development of the queens of *Apis cerana cerana* and *A. mellifera ligustica*, 1-day-old worker larvae were transferred to the artificial queen cells made of bee wax that were mixed with three aliphatic esters at concentrations of 1% and 0.1% (w/w), and then the acceptance of queen cells, weight of each larva, and weight of royal jelly in each queen cell were tested. Dummy larvae made of paraffin mixed with three aliphatic esters at the concentrations of 1% and 0.1 % (w/w), respectively, were introduced into the empty cells, and the worker acceptance of cells was tested. After dripping royal jelly mixed with three aliphatic esters at the concentrations of 1% and 0.1% (w/w), respectively, into the queen cells when the larvae was 1-, 2- and 3-day-old, the emergence weight and the quantity of ovarioles of queen were tested. The results showed that (1) Methyl palmitate (0.1%) significantly improved the weight of larvae in each queen cell in both *A. cerana cerana* and *A. mellifera ligustica*. (2) Methyl palmitate (1%, 0.1%) and ethyl oleate (1%, 0.1%) significantly increased the capping rate of the dummy larvae in *A. mellifera ligustica*. (3) Ethyl oleate (1%, 0.1%) significantly depressed weight and ovarioles of the queen in both *A. cerana cerana* and *A. mellifera ligustica*. These results indicate that different brood pheromones of honeybee have different biological effects.

Key words: *Apis cerana cerana*; *Apis mellifera ligustica*; brood pheromone; feeding behavior; capping behavior; queen development

Le Conte 等(1989)以西方蜜蜂 *Apis mellifera* 幼虫为实验材料，首次分离鉴定出一组由 10 种简单脂肪酸酯组成的蜜蜂幼虫信息素，之后 Le Conte 博士与他的研究小组系统研究了幼虫信息素对西方蜜蜂工蜂封盖

基金项目：国家自然科学基金项目(30760035)；国家蜂产业技术体系科学家岗位项目(nycytx-43-kxj15)

作者简介：曾云峰，男，1986 年 2 月生，江西吉安人，硕士，主要从事蜜蜂研究工作，E-mail：zyf008268@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail：bees1965@sina.com

收稿日期 Received：2009-08-30；接受日期 Accepted：2009-12-30

幼虫巢房行为、工蜂哺育行为、工蜂卵巢发育、工蜂王浆腺发育、工蜂采集行为影响以及幼虫信息素来源等(Le Conte *et al*., 1990, 1994, 1995a, 1995b, 2001; Trouiller *et al*., 1991, 1992; Arnold *et al*., 1994; Mohammedi *et al*., 1996,1998; Leoncini *et al*., 2004)。

中华蜜蜂 *Apis cerana cerana*，简称中蜂，是我国宝贵蜂种资源，具有对蜂螨的抵抗能力强、嗅觉灵敏等特性(杨冠煌，2001)。我国不少学者对中华蜜蜂生物学及行为学特性进行了卓有成效的研究(杨冠煌，2005；郭冬生等，2007；薛运波等，2007；姜玉锁等，2007a，2007b；谢宪兵等，2007，2008a，2008b，2008c；颜伟玉等，2009b)。颜伟玉等(2009a)研究发现：中华蜜蜂幼虫信息素与西方蜜蜂一样，含有甲基棕榈酸酯、甲基油酸酯、甲基硬脂酸酯、甲基亚油酸酯、甲基亚麻酸酯、乙基棕榈酸酯、乙基油酸酯、乙基硬脂酸酯、乙基亚油酸酯和乙基亚麻酸酯 10 种简单脂肪酸酯，但含量及分布规律不同。张含等(2010)研究了幼虫信息素中的 3 种酯类成分(甲基棕榈酸酯、乙基棕榈酸酯和乙基油酸酯)对中华蜜蜂工蜂卵巢和王浆腺发育以及对工蜂首次采集花粉日龄的影响。国内外还未见幼虫信息素对中华蜜蜂工蜂哺育、封盖行为及蜂王发育的研究报道，国内也还未见幼虫信息素对西方蜜蜂工蜂哺育行为、封盖行为及蜂王发育研究。鉴于此，我们参照西方蜜蜂的研究方法，系统研究了蜜蜂幼虫信息素中的甲基棕榈酸酯、乙基棕榈酸酯和乙基油酸酯 3 种酯类成分对中华蜜蜂和意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica*(简称意蜂)，对工蜂哺育和封盖行为以及蜂王发育影响，结果如下。

1　材料和方法

1.1　实验材料

1.1.1　实验蜂群：中蜂实验在江西农业大学蜜蜂研究所和江西省吉安县天河煤矿李氏中蜂场进行。意蜂实验在江西农业大学蜜蜂研究所进行。中蜂和意蜂都采用 10 框郎氏标准蜂箱饲养。

1.1.2　主要试剂：甲基棕榈酸酯(methyl palmitate, MP)，乙基棕榈酸酯(ethyl palmitate, EP)，乙基油酸酯(ethyl oleate, EO)(HPLC，购于 Sigma 公司，为进口分装)，蜂蜡，纯石蜡(上海华永石蜡有限公司)等。

1.1.3　主要仪器：电子天平(FA1004N)，电热恒温水槽(上海森信实验仪器有限公司)，彩色图像 1 分析系统(ICAS 5.2)，恒温恒湿箱(302A)，蜂王产卵控制器，眼科手术剪，放大镜台灯(F500CQ)等。

1.2　幼虫信息素酯类对工蜂哺育行为影响实验

1.2.1　实验分组：本研究参照西方蜜蜂的研究方法(Le Conte *et al*., 1995a)，保持温度在 58～60℃加热溶解蜂蜡，在蜂蜡中分别加入 1% 和 0.1%(w/w)甲基棕榈酸酯、乙基棕榈酸酯或乙基油酸酯作为实验组，以不添加酯类(0%)作为对照组，用玻璃棒搅拌均匀后，用木棒制作蜂王台基。把各实验组或对照组的王台，随机放在产浆框的台基条上，并标记所在位置。

1.2.2　准备日龄一致的卵：用蜂王产卵控制器把产卵王控制在一张已经被工蜂清扫的空巢脾上，让蜂王在空巢房中产卵，8 h 后，从产卵控制器中的巢脾上捉出蜂王。把已产卵的巢脾放在蜂群中孵化，供产浆移虫使用。

1.2.3　工蜂哺育效果测定：随机分别选取蜂王日龄和群势基本一致的 2 群中蜂和 3 群意蜂群，用隔王板把蜂群分为有王区和无王区两部分，按修台→移虫→插框→取浆步骤，在王台中移入日龄一致的 1 日龄小幼虫，放入无王区中哺育，70 h 后，记录接受的王台数量并计算王台接受率，用电子天平称量每个王台中幼虫重量以及王浆的重量。重复 6 次。

1.3　幼虫信息素酯类对工蜂封盖行为影响实验

1.3.1　实验分组：本研究参照西方蜜蜂的研究方法(Le Conte *et al*., 1995b)，保持温度在 58～60℃ 溶解石蜡，在石蜡中分别加入 1% 和 0.1%(w/w)甲基棕榈酸酯、乙基棕榈酸酯或乙基油酸酯作为实验组，以不添加酯类(0%)作为对照组，用玻璃棒搅拌均匀后，把液态蜂蜡倒入干净的工蜂巢房中成型。液态石蜡冷却成型后，用消毒镊子从每个巢房中夹出成型蜂蜡（即假幼虫）。用此方法制作成各实验组或对照组假幼虫，分类放入玻璃瓶中标记保存。

1.3.2　工蜂封盖率的测定：随机分别选蜂王日龄和蜂群基本一致的 3 群中蜂和 3 群意蜂，从蜂群中提出 1 张大幼虫脾，用已经消毒的镊子把各实验组或对照组假幼虫随机放入空巢房中，各实验组或对照组假幼虫每次各放 30 个，并用透明胶片标记已放假幼虫巢房位置。把巢脾放回原蜂群内，第 2 天观察记录已放假幼虫的巢房是否被封盖，统计封盖数量并计算封盖率。重复 6 次。

1.4　幼虫信息素酯类对蜂王发育影响实验

1.4.1　实验分组：在鲜王浆中分别加入 1% 和 0.1%(w/w)甲基棕榈酸酯、乙基棕榈酸酯或乙基油酸酯作为实验组，以不添加酯类(0%)作为对照组，－20℃冷冻保存。

1.4.2　日龄一致的卵的制备：采用控制蜂王产卵

的方法，控制蜂王在产卵器中产卵 8 h，以获得日龄基本一致的卵，放入蜂群中培育。整个实验过程只用同一只产卵王。

1.4.3　添加信息素育王：将含有卵的育王框放在蜂王日龄和群势基本一致的蜂群中培育，分别在幼虫 1 日龄、2 日龄和 3 日龄时，参照保幼激素对蜂王发育影响的研究方法（周冰峰等,1995，2002），用微型进样器在王台中随机加入实验组或对照组王浆 0.01 mL 于幼虫周围，并标记好位置。处理完毕，将育王框放入蜂群继续培育，待王台封盖 3 d 后，转入恒温恒湿箱中（温度为 34℃ ±1℃，相对湿度为 80% ±5%）中培养。

1.4.4　蜂王初生重和卵巢管数量测定：蜂王出房后，立即用电子天平称重。蜂王称重完毕，饥饿5 h，消耗蜂王体内脂肪，以防脂肪在计数时与卵巢管混淆。再将蜂王放入 75% 的乙醇中浸泡 7 d，然后参照蜂王卵巢管的解剖和简便计数法（许少玉等，1984）在彩色图像计算机分析系统下进行蜂王解剖和卵巢管的计数。每个实验组解剖 6 头蜂王，重复 6 次。

1.5　数据统计与分析

实验数据采用 StatView 软件“ANOVA and *t*-test”中的“ANOVA or ANCOVA”进行统计分析,各处理平均数间用 Fisher’s PLSD 进行差异显著性比较。

2　结果与分析

2.1　3 种酯类幼虫信息素对工蜂哺育行为影响

表 1　不同浓度的 3 种酯类幼虫信息素对工蜂哺育行为的影响

Table 1　Effect of three aliphatic esters at different concentrations on feeding behavior of workers

信息素种类 Esters	群号 Colony no.	处理浓度（%） Treatment concentration	王台接受率(%) Worker acceptance of queen cells		单个幼虫重量(mg) Weight of individual larva		单个王台中王浆重量(mg) Weight of royal jelly in individual queen cell	
			中蜂 *A. c. c.*	意蜂 *A. m. l.*	中蜂 *A. c. c.*	意蜂 *A. m. l.*	中蜂 *A. c. c.*	意蜂 *A. m. l.*
甲基棕榈酸酯 Methyl palmitate	1	1	63.9 ±4.0 a	85.2 ±5.3 a	58.5 ±5.5 A	118.0 ±22.8 a	52.6 ±7.6 a	648.8 ±52.3 a
		0.1	67.3 ±2.1 a	89.6 ±6.7 a	57.1 ±8.4 A	122.8 ±21.6 b	53.1 ±5.7 a	659.9 ±51.2 a
		0 (CK)	65.2 ±4.1 a	84.2 ±7.3 a	35.3 ±7.8 B	103.4 ±14.9 a	59.7 ±3.1 a	684.4 ±65.3 a
	2	1	68.9 ±4.0 a	82.1 ±8.2 a	42.6 ±6.8 A	120.0 ±14.4 a	52.3 ±2.6 a	649.4 ±60.3 a
		0.1	65.3 ±2.1 a	79.1 ±8.1 a	43.9 ±9.4 A	131.4 ±18.9 b	51.1 ±6.6 a	628.4 ±76.9 a
		0 (CK)	64.2 ±4.1 a	84.7 ±7.1 a	28.4 ±5.8 B	108.5 ±16.3 a	57.1 ±6.1 a	667.7 ±83.5 a
	3	1		83.4 ±5.5 a		136.8 ±12.6 a		560.6 ±99.8 a
		0.1		86.7 ±9.8 a		150.8 ±28.7 b		543.1 ±98.9 a
		0 (CK)		87.6 ±8.9 a		128.3 ±27.7 a		582.8 ±100.8 a
乙基棕榈酸酯 Ethyl palmitate	1	1	62.6 ±8.6 a	81.7 ±3.9 a	33.4 ±2.7 a	112.5 ±12.9 a	51.7 ±7.7 a	543.9 ±57.2 a
		0.1	64.0 ±8.3 a	82.8 ±7.4 a	33.9 ±4.4 a	111.7 ±17.1 a	52.1 ±4.3 a	516.4 ±63.3 a
		0 (CK)	64.7 ±3.6 a	82.4 ±6.7 a	35.9 ±5.6 a	113.0 ±9.5 a	54.9 ±3.5 a	544.5 ±45.4 a
	2	1	60.1 ±5.9 a	82.1 ±8.2 a	28.3 ±6.8 a	100.6 ±19.4 a	56.4 ±6.7 a	425.8 ±78.7 a
		0.1	63.0 ±3.4 a	83.5 ±7.5 a	27.5 ±9.1 a	96.0 ±16.3 a	54.4 ±7.1 a	459.4 ±78.4 a
		0 (CK)	62.5 ±7.1 a	87.3 ±5.7 a	30.1 ±5.9 a	92.0 ±22.4 a	59.1 ±6.3 a	439.7 ±34.2 a
	3	1		86.3 ±6.2 a		122.0 ±8.5 a		560.1 ±58.0 a
		0.1		89.7 ±6.0 a		114.7 ±21.7 a		605.1 ±52.9 a
		0 (CK)		90.7 ±5.6 a		110.3 ±14.4 a		586.7 ±74.5 a
乙基油酸酯 Ethyl oleate	1	1	67.8 ±9.5 a	91.3 ±5.4 a	43.0 ±11.1 a	77.3 ±11.7 a	55.0 ±5.6 a	499.2 ±65.4 a
		0.1	65.8 ±6.5 a	93.7 ±7.2 a	45.6 ±17.9 a	75.5 ±14.8 a	50.6 ±10.1 a	513.2 ±45.9 a
		0 (CK)	70.3 ±5.9 a	89.1 ±4.8 a	44.7 ±9.2 a	69.0 ±15.1 a	49.1 ±11.7 a	493.1 ±39.3 a
	2	1%	66.6 ±5.1 a	85.4 ±9.1 a	51.6 ±7.2 a	103.2 ±17.0 a	57.8 ±4.9 a	637.7 ±59.2 a
		0.1%	67.9 ±10.7 a	84.7 ±10.7 a	48.7 ±8.2 a	95.7 ±20.9 a	58.7 ±5.6 a	631.5 ±46.7 a
		0 (CK)	70.1 ±7.3 a	91.7 ±8.4 a	47.8 ±13.1 a	90.0 ±27.9 a	55.0 ±9.7 a	657.0 ±56.6 a
	3	1		83.6 ±4.9 a		103.5 ±14.8 a		626.9 ±54.7 a
		0.1		88.7 ±7.0 a		96.5 ±16.2 a		634.8 ±48.4 a
		0 (CK)		90.0 ±9.2 a		90.0 ±21.7 a		660.2 ±41.9 a

A. c. c.：中蜂 *Apis cerana cerana*；*A. m. l.*：意蜂 *Apis mellifera ligustica*. 中蜂只观察了两群 Only two colonies were detected for *A. cerana cerana*. 同一列相同酯类同一蜂群中数据（平均值 ± *SD*）比较，相同字母表示差异不显著（$P > 0.05$），不同大写字母和小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平上存在差异。下同。Comparison of same ester data (mean ± *SD*) in the same column of one colony, the same letter indicate no significant differences ($P > 0.05$), and the different capital letters and small letters indicate significant difference at 0.01 level and 0.05 level respectively. The same below.

从表 1 可知：只有甲基棕榈酸酯两个中蜂实验组（1.0%，0.1%）和 0.1% 甲基棕榈酸酯意蜂实验组的单个幼虫重量分别极显著和显著高于相对应的对照组。其他实验组的王台接受率、单个王台中幼虫和王浆重量都与对照组差异不显著。

2.2　3 种酯类幼虫信息素对工蜂封盖行为影响

表 2　不同浓度的 3 种酯类幼虫信息素对意蜂假幼虫封盖率的影响

Table 2　Effect of three aliphatic esters at different concentrations on the capping rate (%) of the dummy larvae in *Apis mellifera ligustica*

群号 Colony no.	处理浓度（%） Treatment concentration	甲基棕榈酸酯 Methyl palmitate	乙基棕榈酸酯 Ethyl palmitate	乙基油酸酯 Ethyl oleate
	1	33.7 ±24.7 A	0.7 ±0.3 a	18.3 ±7.5 A
1	0.1	29.7 ±20.2 A	0.0 a	16.0 ±1.8 A
	0 (CK)	0.0 B	0.0 a	0.0 B
	1	34.3 ±20.5 A	2.4 ±1.6 a	14.7 ±7.6 A
2	0.1	31.7 ±18.3 A	0.0 a	15.5 ±6.3 A
	0 (CK)	0.0 B	0.0 a	0.0 B
	1	37.0 ±14.0 A	1.2 ±0.7 a	17.3 ±6.2 A
3	0.1	26.3 ±15.0 A	0.0 a	15.3 ±6.7 A
	0 (CK)	0.0 B	0.0 a	0.0 B

由表 2 可知：甲基棕榈酸酯和乙基油酸酯两个意蜂实验组(1.0%，0.1%)假幼虫封盖率都极显著高于对照组($P < 0.01$)；中蜂工蜂对假幼虫没有封盖行为。乙基棕榈酸酯两个实验组假幼虫封盖率与对照组差异不显著。

2.3　3 种酯类幼虫信息素对蜂王发育的影响

表 3　不同浓度的 3 种酯类幼虫信息素对蜂王发育的影响

Table 3　Effect of three aliphatic esters at different concentrations on the queen development

信息素种类 Esters	添加王浆时幼虫日龄 Larval age with royal jelly added (Day-old)	处理浓度（%） Treatment concentration	蜂王初生重（mg） Emergence weight of a queen		蜂王卵巢管数量 Quantity of ovarioles of a queen	
			中蜂 *A. c. c.*	意蜂 *A. m. l.*	中蜂 *A. c. c.*	意蜂 *A. m. l.*
		1	177.0 ±19.8 a	247.0 ±10.6 a	183.5 ±8.9 a	258.6 ±12.0 a
	1	0.1	172.2 ±22.7 a	247.7 ±12.3 a	180.5 ±24.7 a	257.6 ±13.9 a
		0 (CK)	175.9 ±10.6 a	251.6 ±17.7 a	182.1 ±9.9 a	259.9 ±18.2 a
甲基棕榈酸酯 Methyl palmitate		1	164.6 ±22.0 a	249.0 ±12.5 a	177.0 ±18.7 a	258.4 ±11.8 a
	2	0.1	166.5 ±20.5 a	248.2 ±15.1 a	178.7 ±16.1 a	259.6 ±13.1 a
		0 (CK)	169.4 ±10.9 a	245.6 ±11.7 a	186.3 ±13.1 a	256.7 ±12.6 a
		1	174.4 ±10.1 a	245.0 ±16.0 a	183.5 ±8.9 a	256.3 ±17.0 a
	3	0.1	171.0 ±19.1 a	249.3 ±15.2 a	180.5 ±24.7 a	264.6 ±16.1 a
		0 (CK)	169.4 ±10.9 a	249.6 ±15.0 a	182.1 ±9.9 a	259.5 ±15.8 a
		1	169.2 ±14.5 a	217.2 ±11.6 a	185.9 ±13.9 a	228.6 ±19.8 a
	1	0.1	169.5 ±12.3 a	216.0 ±9.2 a	182.0 ±11.3 a	225.5 ±5.4 a
		0 (CK)	175.9 ±10.6 a	225.3 ±22.3 a	187.0 ±11.7 a	231.4 ±23.0 a
		1	174.1 ±11.9 a	224.4 ±23.6 a	187.0 ±11.2 a	231.4 ±22.5 a
乙基棕榈酸酯 Ethyl palmitate	2	0.1	170.7 ±12.0 a	224.9 ±17.4 a	181.5 ±11.5 a	237.5 ±18.5 a
		0 (CK)	174.0 ±12.6 a	218.4 ±21.6 a	186.3 ±13.1 a	227.1 ±12.0 a
		1%	171.4 ±10.3 a	226.9 ±18.3 a	181.8 ±12.2 a	238.7 ±18.8 a
	3	0.1%	172.8 ±15.3 a	223.4 ±5.3 a	184.8 ±11.7 a	236.3 ±5.9 a
		0 (CK)	169.4 ±10.9 a	219.7 ±9.7 a	182.1 ±9.9 a	232.5 ±17.3 a
		1	160.0 ±11.2 a	230.9 ±13.6 a	170.5 ±8.5 a	241.5 ±10.4 a
	1	0.1	161.7 ±9.2 a	227.2 ±14.8 a	172.3 ±6.2 a	239.4 ±13.9 a
		0 (CK)	175.9 ±10.6 b	251.6 ±17.7 b	187.0 ±11.7 b	259.9 ±18.2 b
		1	157.4 ±8.3 a	226.3 ±21.4 a	168.8 ±9.9 a	232.5 ±15.9 a
乙基油酸酯 Ethyl oleate	2	0.1	157.9 ±8.1 a	222.3 ±15.8 a	172.2 ±7.8 a	235.2 ±16.8 a
		0 (CK)	174.0 ±12.6 b	245.6 ±11.7 b	186.3 ±13.1b	256.7 ±12.6 b
		1	159.3 ±7.6 a	213.1 ±9.4 a	171.5 ±9.1a	224.4 ±9.0 a
	3	0.1	158.1 ±4.4 a	215.9 ±11.0 a	168.2 ±4.2 a	226.1 ±14.0 a
		0 (CK)	169.4 ±10.9 b	249.6 ±15.0 b	182.1 ±9.9 b	259.5 ±15.8 b

由表3 可知：不管是中蜂，还是意蜂，在幼虫1 日龄、2 日龄和3 日龄时加入乙基油酸酯的两个实验组(1.0%，0.1%)蜂王初生重和卵巢管数量都显著低于相对应的对照组 $P<0.05$)，但两个实验组间差异不显著。添加甲基棕榈酸酯和乙基棕榈酸酯对蜂王的初生重和卵巢管数量没有显著影响。

3 讨论

本实验发现0.1%甲基棕榈酸酯都能显著提高中蜂和意蜂单个幼虫的重量，这与西方蜜蜂的研究结果一致(Le Conte *et al*., 1995a)。但我们首次发现1%甲基棕榈酸酯也可以显著提高中蜂的单个幼虫重量，这可能与不同蜂种蜜蜂幼虫所分泌幼虫信息素成分含量和工蜂对幼虫信息素反应灵敏度不同相关(Le Conte *et al*., 1989；颜伟玉等，2009a)。经过10 种混合的蜜蜂幼虫信息素处理的西方蜜蜂蜂群，蜂王日产卵量明显提高，工蜂对蜂王的哺育时间更久，同时提高了工蜂清理房时间和哺育力(Sagili and Pankiw, 2009)。本实验研究了蜜蜂幼虫信息素中3 种单一酯类对工蜂哺育的影响，10 种混合的蜜蜂幼虫信息素对中蜂工蜂哺育影响效果，还有待于进一步研究。

在进行幼虫信息素对工蜂封盖行为的研究中发现，甲基棕榈酸酯能显著提高意蜂假幼虫的封盖率，乙基棕榈酸酯对意蜂封盖基本没有影响，这和Le Conte 等(1990)的研究结果一致。我们曾在石蜡或纯蜂蜡中加入浓度为0.01%，0.1%，1%和10%(w/w)的单种酯类或3 种酯类的组合，或加入即将封盖大幼虫表面提取物制作成的假幼虫，来研究幼虫信息素对中蜂封盖行为的影响，但是中蜂对这些以石蜡或蜂蜡为信息素载体的假幼虫都不接受，没有出现像西方蜜蜂假幼虫的封盖行为，这可能和中蜂嗅觉灵敏的特性相关(杨冠煌，2001)，也可能是中蜂能通过嗅觉或者触觉辨别假幼虫，并对假幼虫进行清除，具体机理有待于进一步探讨。

根据甲基棕榈酸酯可以提高幼虫重量的研究结果，Le Conte 等(1995a)学者曾经推测：添加甲基棕榈酸酯可能可以提高蜂王重量。保幼激素类似物ZR512 可以显著提高中蜂和意蜂的蜂王初生重，并且对蜂王卵巢发育、卵巢摄取功能、血淋巴蛋白质含量等均有显著的调控作用(周冰峰等，1995,2002)。在本实验中，添加乙基油酸酯会显著降低蜂王初生重和卵巢管数量，同时我们发现，加入甲基棕榈酸酯和乙基油酸酯都会促进发育，蜂王出房时间更早，我们推测可能是缩短了蜂王发育时间，直接影响了蜂王的初生重和卵巢管数量。至于蜜蜂幼虫信息素是否具有保幼激素一样的调节蜂王卵巢摄取功能，还有待于进一步研究。

致谢 在实验过程中，得到了江西农业大学蜜蜂研究所张含、刘光楠和何旭江等同学帮助，在此表示衷心感谢。

参考文献(References)

Arnold G, Le Conte Y, Trouiller J, Hervet H, Chappe B, Masson C, 1994. Inhibition of worker honeybee ovaries development by a mixture of fatty acid esters from larvae. *Sciences de la Vie*, 317: 511-515.

Guo DS, Sun LX, Zeng ZJ, Zhang QL, 2007. Sperm-mediated *egfp* gene transfer in the Chinese honeybee, *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae). *Acta Entomologica Sinica*, 50(9): 878-882. [郭冬生，孙亮先，曾志将，张巧利，2007. 中华蜜蜂精子介导 *egfp* 基因转移. 昆虫学报，50(9)：878-882]

Jiang YS, Liu WZ, Zhang CX, Qiao LY, Zhu WJ, Zhang GX, Guo CJ, 2007a. AFLP analysis of genetic diversity of *Apis cerana* Fabricius distributed in different geographic areas in China. *Acta Entomologica Sinica*, 50(2): 144-152. [姜玉锁，刘文忠，张春香，乔利英，朱文进，张桂贤，郭传甲，2007a. 中国境内不同地理型东方蜜蜂遗传多样性的AFLP分析. 昆虫学报，50(2)：144-152]

Jiang YS, Zhao HT, Jiang JB, Cao GQ, Zhang GX, Zhu WJ, Guo CJ, 2007b. Studies on mtDNA $tRNA^{leu}$ ~ COⅡ gene polymorphisms of *Apis cerana* distributed in different geographic areas in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 40(7): 1 535-1 542. [姜玉锁，赵慧婷，姜俊兵，曹果清，张桂贤，朱文进，郭传甲，2007b. 中国境内不同地理型东方蜜蜂线粒体 DNA $tRNA^{leu}$ ~ COⅡ基因多态性研究. 中国农业科学，40(7)：1 535-1 542]

Le Conte Y, Arnold G, Trouiller J, Masson C, 1990. Identification of a brood pheromone in honeybees. *Naturwissenschaften*, 77: 334-336.

Le Conte Y, Arnold G, Trouiller J, Masson C, Chappe B, Ourisson G, 1989. Attraction of the parasitic mite *Varroa* to the drone larvae of honey bees by simple aliphatic esters. *Science*, 245: 638-639.

Le Conte Y, Mohammedi A, Robinson GE, 2001. Primer effects of a brood pheromone on honeybee behavioral development. *Proceedings of the Royal Society B*, 268: 163-168.

Le Conte Y, Sreng L, Poitout SH, 1995a. Brood pheromone can modulate the feeding behavior of *Apis mellifera* workers (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 88(4): 798-804.

Le Conte Y, Sreng L, Sacher N, Trouiller J, Dusticier G, Poitout SH, 1995b. Chemical recognition of queen cells by honey bee workers *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Chemoecology*, 5(1): 6-12.

Le Conte Y, Sreng L, Trouiller J, 1994. The recognition of larvae by worker honeybees. *Naturwissenschaften*, 81: 462-465.

Leoncini I, Le Conte Y, Costagliola G, Plettner E, Toth AL, Wang M, Huang Z, Becard JM, Crauser D, Slessor KN, Robinson GE, 2004. Regulation of behavioral maturation by a primer pheromone produced by adult worker honey bees. *PNAS*, 101(50): 17 559 - 17 564.

Mohammedi A, Crauser D, Paris A, Le Conte Y, 1996. Effect of a brood pheromone on honeybee hypopharyngeal glands. *Sciences de la Vie*, 319(9) : 769 - 772.

Mohammedi A, Paris A, Crauser D, Le Conte Y, 1998. Effect of aliphatic esters on ovary development of queenless bees (*Apis mellifera* L.). *Naturwissenschaften*, 85: 455 - 458.

Sagili RR, Pankiw T, 2009. Effects of brood pheromone modulated brood rearing behaviors on honey bee (*Apis mellifera* L.) colony growth. *Journal of Insect Behavior*, 22: 339 - 349

Trouiller J, Arnold G, Chappe B, Le Conte Y, Masson C, 1992. Semiochemical basis of infestation of honeybee brood by *Varroa jacobsoni*. *Journal of Chemical Ecology*, 18(11): 2 041 - 2 053.

Trouiller J, Arnold G, Le Conte Y, Masson C, 1991. Temporal pheromonal and kairomonal secretion in the brood of honeybees. *Naturwissenschaften*, 78(8): 368 - 370.

Xie XB, Su SK, Huang K, Zeng ZJ, 2008a. Queen mating frequency and maternity of drones in honeybee colonies detected with VNTR molecular markers. *Acta Entomologica Sinica*, 51(1): 20 - 25.［谢宪兵，苏松坤，黄康，曾志将，2008a. 利用 VNTR 分子标记鉴定蜜蜂群内蜂王交配次数和雄蜂母系来源. 昆虫学报，51(1): 20 - 25］

Xie XB, Su SK, Zheng YL, Wu XB, Zeng ZJ, 2008b. Study on the worker policing in *Apis cerana cerana* based on microsatellite DNA. *Scientia Agricultura Sinica*, 41(6): 1 816 - 1 821.［谢宪兵，苏松坤，郑云林，吴小波，曾志将，2008b. 应用微卫星 DNA 技术研究中华蜜蜂群内工蜂监督效果. 中国农业科学，41(6): 1 816 - 1 821］

Xie XB, Sun LX, Huang K, Zeng ZJ, 2008c. Worker nepotism during emergency queen rearing in Chinese honeybee *Apis cerana cerana*. *Acta Zoologica Sinica*, 54(4): 695 - 700.［谢宪兵，孙亮先，黄康，曾志将，2008c. 中华蜜蜂急造王台的工蜂亲属优惠. 动物学报，54(4): 695 - 700］

Xie XB, Xue YB, Wu XB, Huang K, Zeng ZJ, 2007. A study on the worker policing in *Apis cerana cerana*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 29(5): 818 - 820.［谢宪兵，薛运波，吴小波，黄康，曾志将，2007. 中华蜜蜂群内工蜂监督研究. 江西农业大学学报，29(5): 818 - 820］

Xu SY, Xiao HL, Li GX, 1984. A convenient way to count the ovarian tube of honybee. *Apiculture of China*, (4):18 - 19.［许少玉，肖洪良，李桂仙，1984. 蜂王卵巢管的解剖和简便计数法. 中国养蜂，(4): 18 - 19］

Xue YB, Li XA, Ge FC, Jiang Y, Li YF, Li ZY, Wang Z, 2007. The study on genomic polymorphism among different groups of local Changbaishan *Apis cerana ceranas*. *Scientia Agricultura Sinica*, 40(2): 426 - 432.［薛运波，李兴安，葛凤晨，蒋滢，历延芳，李志勇，王志，2007. 长白山中华蜜蜂基因组 DNA 多态性的研究. 中国农业科学，40(2): 426 - 432］

Yan WY, Le Conte Y, Beslay D, Zeng ZJ, 2009a. Identification of brood pheromone in Chinese honeybee [*Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae)]. *Scientia Agricultura Sinica*, 42(6): 2 250 - 2 254.［颜伟玉，Le Conte Y，Beslay D，曾志将，2009a. 中华蜜蜂幼虫信息素鉴定. 中国农业科学，42(6): 2 250 - 2 254］

Yan WY, Zeng ZJ, Wu XB, Liu YB, 2009b. A preliminary study on the ultrastructure and chemical components of egg surface of the Chinese honeybee, *Apis cerana cerana*. *Acta Entomologica Sinica*, 52(1): 116 - 120.［颜伟玉，曾志将，吴小波，刘益波，2009b. 中华蜜蜂卵表面微观结构及化学成分初步研究. 昆虫学报，52(1): 116 - 120］

Yang GH, 2001. Chinese Honeybees. China Agricultural Science and Technology Press, Beijing. 36 - 37.［杨冠煌，2001. 中华蜜蜂. 北京：中国农业科技出版社. 36 - 37］

Yang GH, 2005. Harm of introducing the western honeybee *Apis mellifera* L. to the Chinese honeybee *Apis cerana* F. and its ecological impact. *Acta Entomologica Sinica*, 48(3): 401 - 406.［杨冠煌，2005. 引入西方蜜蜂对中蜂的危害及生态影响. 昆虫学报，48(3): 401 - 406］

Zhang H, Zeng ZJ, Yan WY, Wu XB, Zheng YL, 2010. Effects of three aliphatic esters of brood pheromone on development and foraging behavior of workers (*Apis cerana cerana*). *Acta Entomologica Sinica*, 53(1): 55 - 60 .［张含，曾志将，颜伟玉，吴小波，郑云林，2010. 幼虫信息素中三种酯类对中华蜜蜂工蜂发育和采集行为的影响. 昆虫学报，53(1): 55 - 60 ］

Zhou BF, Bao XL, Gong M, Wu G, Dai ZY, 1995. Effect of juvenold (ZR_{512}) on the emergence weight of bee queen. *Journal of Fujian Agricultural University*, 24(1): 109 - 112.［周冰峰，鲍秀良，龚蜜，吴刚，戴祝英，1995. 保幼激素类似物 ZR_{512} 对蜜蜂蜂王初生重的影响. 福建农业大学学报，24(1): 109 - 112］

Zhou BF, Zhang SJ, Zhou BQ, Wang YM, 2002. Effect of juvenold on the development of the reproductive system and the physiological function of bee queen. *Apiculture of China*, 53(1): 6 - 8.［周冰峰，张淑娟，周碧青，王育敏，2002. 保幼激素类似物 ZR-512 对蜂王生殖系统发育和生理的影响. 中国养蜂，53(1): 6 - 8］

（责任编辑：赵利辉）